

機能性フィルム，その技術と市場の潮流

金井俊孝*

はじめに

本稿では、将来にも成長が期待される機能性フィルムを中心に、iPhoneやiPadに代表されるスマートフォンやタブレット型端末などに使用されるタッチパネル用フィルム、モバイル機器やハイブリッド車、EV車、航空機に重要なLiイオン電池、東日本大震災以降注目されている太陽電池などに使用される機能性フィルム、エネルギー効率を高める遮熱フィルム、化石燃料を使用しないPLAフィルムや食品包装や医療包装のバリア性フィルムなどを中心に取り上げた。また、フィルムの製造に欠かせないフィルム成形機やフィルムを成形加工する上で基盤となる高次構造解析、光学物性評価技術についても概観した。

1. 最近のフィルム開発動向

プラスチックフィルムは用途別にみたプラスチック全体の約35%を占め、非常に大きな割合となっている。その中でも、二軸延伸PPフィルムは包装フィルム用途を中心として、2009年実績で、全世界で総需要量500万ton、製造能力は650万tonに達している。最近では毎年100万ton/年の割合で能

力増強が行われ、その半分以上が中国で占められ、2013年末の製造能力は1,000万ton規模に達すると予想される。

1900年代は欧米、日本が二軸延伸フィルム製造の中心であったが、現在は大きく様変わりしている。PETフィルムも従来は記録用磁気テープが大きな割合を占めていたが、現在では包装用、光学フィルムや太陽電池のバックシートなどにシフトしている。

コスト面では、これまで日本の円高の問題もあって東南アジアに製造基地がシフトしているが、日本のフィルムの研究開発力は依然として優位な立場にある。また、最近、アベノミクス効果で1ドル約100円となり、日本での高付加価値商品の製造も期待される。

今回取り上げた各項目は、日本で新規研究として活発に研究開発が進められているものである。

2. 機能性フィルム用途

2.1 自動車・モバイル用フィルム

最近、需要の伸びが顕著であるLiイオン電池用フィルムとして、セパレータや電池用ソフトパッケージがある。

(1) セパレータ

セパレータ用HDPEフィルムはLiイオン電池の135℃以上の暴走反応を防止するため、安全面から必須材料である¹⁾。HDPEとPPの原料は、触媒金属残渣を低減した高分子量原料が使用さ

れ、成形法としては湿式と乾式法がある。湿式法はHDPE/WAX系の2成分系、あるいは3成分系のスピノーダル分解の後期の相構造の制御をして延伸し、その後WAXを洗い流す乾燥工程が必要で、かなり複雑な製造工程で行われている²⁾。HDPEフィルムの耐熱性も不足しているため、PPとHDPEの多層構造を用いている場合が多い(図1)。加熱暴走温度に達し、HDPEの融点(HDPEフィルムは安全対応)で溶けてしまうと電池が使用できなくなってしまう問題があり、耐熱性を向上させるために、PP(例:PP/HDPE/PP)や更に耐熱性のあるフィルム層を設けているのが現状である。

三菱ケミカルのセパレータは、PP/HDPE/PPの乾式方式で、結晶のラメラ構造の非晶部を二軸延伸テンター法で、ナノメートルオーダーレベルの微細孔を多数有する三次元構造を形成させる独自の技術で製造しており、イオンを膜全体に均一に移動させることができる³⁾。過熱防止のヒューズ効果を期待し、135℃を融点とする高分子量HDPEと160℃のPPの構成だが、最近では更なる高耐熱性を要求されている。

Liイオン電池製造は韓国勢やドイツ、中国の追い上げもあり、日本の生産量の比率は低下する傾向にある。Liイオン電池の伸びはモバイルの伸長に支えられてきたが、今後の大きな需要の伸びは電気自動車がどうなるかにより決まる。

* Toshitaka Kanai
KT Polymer
Tel./Fax. 0438-62-4411
兼任 京都工芸繊維大学 特任教授

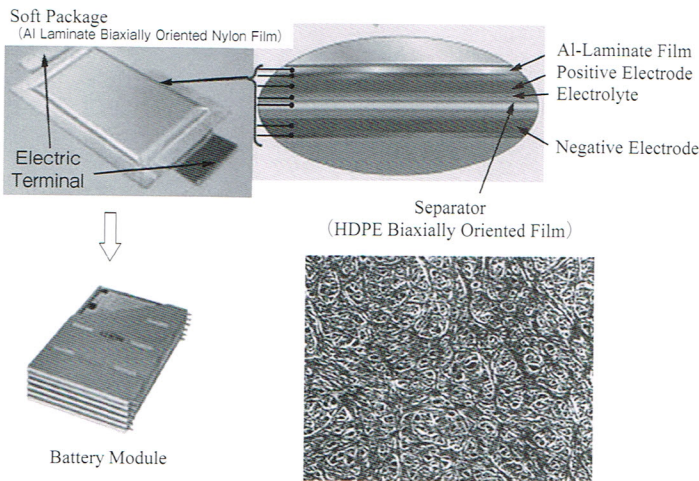


図1 Liイオン電池（セパレータ，ソフトパッケージ）

今後のLiイオン電池の課題は、①大電流充放電、②急速充電、③絶対安全性、④低コスト化であり、現在のセパレータの製造速度が遅く、電気自動車各社で立ち上がった場合は十分な生産速度が確保できなくなる可能性が高い。延伸しにくい高分子量HDPEに加え、添加した成分の溶剤による除去と乾燥工程の速度がネックである。

(2) ソフトパッケージ

Liイオン電池の正極、セパレータ、電解液、負極の構成を包み込むソフトパッケージが使用されている。携帯端末やタブレット型端末での需要の伸びが大きく、将来的にはガソリン車からEV車への比率が高くなるにつれて、大きな伸びが期待できる分野である。

ラミネートフィルムとして、モバイル用はNylon 25 μ m/AL 40 μ m/PP 50 μ mのフィルム構成であり、車載用はPET 12 μ m/Nylon 15 μ m/AL 40 μ m/PP 80 μ mのフィルム構成である。PPのヒートシール層の構成やシール条件にノウハウがある^{4), 5)}。PPのシール性は安全面からも非常に重要であり、また、ナイロンフィルムはバリア層としてのAL層に対し、強度・深絞り成形性を付与し変形追従性を持たせることであり、フィルムのすべての方向での伸び、強度の均一性が必要である。

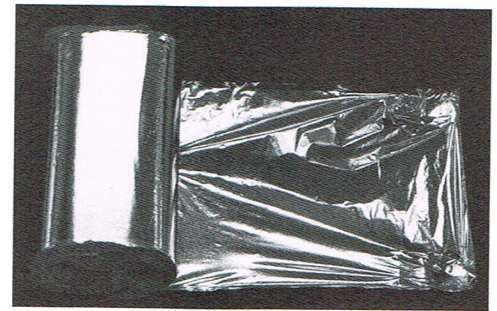
(3) コンデンサ用極薄フィルム

コンデンサの市場は約1.5兆円だが、フィルムコンデンサの市場は1,700億円程度である。今後、ハイブリッド車、電気自動車が伸び高電圧が期待される分野が伸びれば、それに伴い大きな伸びが期待できる。フィルムコンデンサは主に、PET、PP、PPS、PENが使用されている。

図2に示すPPフィルムコンデンサのメリットは絶縁抵抗が高く、自己回復性に優れ、高圧キャパシタ用として適しており、耐久性にも優れている。

キャパシタの静電容量(C/V)は誘電体(フィルム)の厚みの2乗に反比例するため、フィルムの薄肉化は極めて重要である。二軸延伸PP(BOPP)はハイブリッド車のキャパシタの形状から3 μ mが必須になってきているが、すでに開発品は2.5 μ mのレベルになっている。製造は逐次二軸テンター法だが、傷つき防止やフィルム物性のバランスから同時二軸法も適用されている。インフレーション法は油の含浸性には優れるが、偏肉精度や薄膜化に問題があるため、数 μ m厚で電力用コンデンサとして主に使用されている。

フィルムの薄膜化に伴い、成形性、延伸性、搬送シワ、静電気制御、表面粗さ及び寸法精度が重要なポイントに



Thickness 3 μ m

図2 フィルムコンデンサ

なる。

① 耐熱性向上

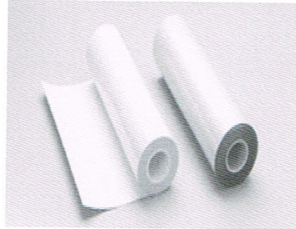
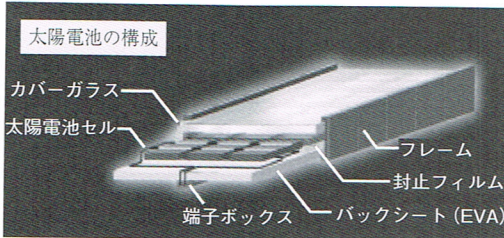
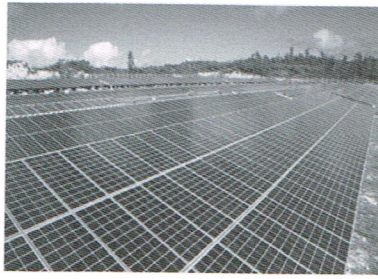
自動車分野に採用されるには耐熱性が重要な因子であり、PPとしては高立体規則性のものが用いられる。立体規則性の向上により高耐熱化を図るが、耐熱温度150 $^{\circ}$ C以上が要求されることになれば、耐熱PET、エンブラを利用した薄膜コンデンサの開発が必要になる。

② 表面の粗面化

薄膜化において、絶縁破壊電圧(BDV: Break Down Voltage)に対するフィルム表面粗さは無視できない。表面粗さが大きすぎると粗さの谷部分が電気的な弱点となりBDVが低下する。一方で、フィルムキャパシタの製造工程ではフィルムを長く巻くが、フィルムに適度なすべりがないと素子形成が安定せず、電気特性に影響を与える恐れがあり、適正な表面粗さが求められる。表面粗さの制御技術が極めて重要であり、 β 晶制御^{6)~9)}やトランスクリスタル構造の結晶を大きくする必要があり、冷却ロール温度は高めに設定する必要がある。

③ 小型薄膜化

エコカーとしてサイズを1/2にするためには、3.0 \rightarrow 2.5 \rightarrow 2.0 μ mを開発する必要があり、すでにBOPPの薄膜化技術は実用化レベルまでできているが、ハンドリングの技術が難しく、歩留まりが悪い。耐電圧は600V/ μ m \rightarrow 700V/ μ mが目標とされている。



バックシート (PET)

図3 太陽電池部材

の環境下での耐寒性、絶縁性も重要事項であり、長年広く使用されてきたが更に最近急成長を続けている。

EVAの代替材料の検討も行われており、架橋反応、反応による透明性の維持、耐寒性なども考慮した検討も行われている。

(2) 太陽電池用バックシート

LCDの反射フィルムの技術を応用し太陽電池の半導体パネルの下に設置し(図3)、反射効率を上げるフィルムが開発販売されている。原理的には微細多孔のPET延伸フィルムである。封止樹脂と一体接合されるので、耐候性、水蒸気・ガスバリア性、電気絶縁性、接着性等の特性が重要であり、種々な機能を満足させるために多層フィルム構成になっている¹¹⁾。

2.3 包装用及び医療用フィルム・シート

(1) PE, PPの包装用延伸フィルム

ポリオレフィンでも研究開発が行われており、例えば、LLDPEの二軸延伸フィルムではチューブラー延伸法による高強度なシュリンクフィルムが製造されている。これは樹脂の組成分布を広げることにより、延伸可能な温度範囲が狭いLLDPEの延伸性を改良し、突き刺し強度や衝撃強度の高いシュリンクフィルムが開発されている^{12), 13)}。

更に、生産性の高い逐次二軸延伸テンター法でも、LLDPEの延伸フィルムの生産が開始されている。未延伸の溶融キャストフィルムと比較し、30%薄膜化しても衝撃強度が高く引張り特性も高いため、PEシーラントとして展開されている。

PPでは高速化が進行し、最近の延伸機は有効幅8m、巻取速度500m/minが中心になっており、一機で3万ton/年の生産量に達するものもある(図4)。今後は包装用途としては更なる高速化による高生産性や、コンデンサフィルムに代表されるような薄膜・均一化・表面凹凸制御技術、セパレータなどの

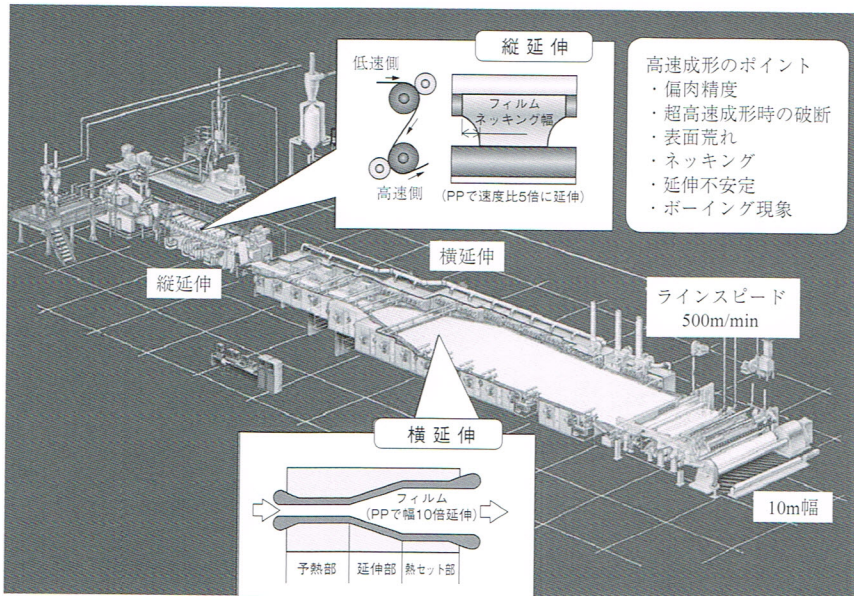


図4 PPテンター二軸延伸技術の材料&成形技術のポイント

④ 蒸着電極膜の薄膜化も重要なテーマである。

2.2 太陽電池用フィルム・シート

(1) 封止材

太陽電池の封止材としては95%がEVAである。EVAはエチレンと酢酸ビニル(VA)の共重合体で、VA量で融点、柔軟性、バリア性等が変化する。融点70℃のEVAが一般的で、押出成形時には低温成形でシート成形(450

μm)し、Si太陽電池セルの封止時に高温下155℃で100%架橋剤を消費させ、架橋反応を起こし、三次元架橋構造にして耐熱性を付与するとともに、Siカップリングさせてガラスとの密着性を付与する。耐候性を付与するためUV吸収剤も添加し、成形時の酸防も添加されるのが一般的である¹⁰⁾。

長年使用しても黄変せずに透明性を維持することが重要で、水蒸気バリア性、100℃以上の耐湿熱、耐熱性や冬

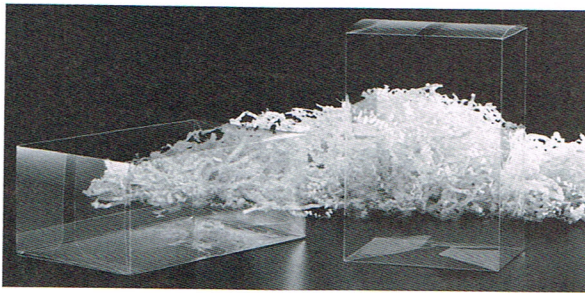


図5 高透明PPシート

均一で微細な孔径制御されたフィルムの開発などが注目されている。

(2) 高透明PPシート

従来、結晶性樹脂は高透明性を有する分野は不得意とされてきたが、結晶性樹脂でもシート成形の両面急冷で熱処理を行うことにより、球晶サイズを極力小さくし、かつ球晶とマトリックスの屈折率を等しくすることにより、高透明化が可能である¹⁴⁾。また、表面に低粘度の樹脂を流すことにより、せん断応力を下げ、配向結晶化を抑制¹⁵⁾し、屈折率の等しい第三成分を添加して球晶生成を抑えることにより、更に透明性が向上する。図5に示すようにPPでもガラスライクなシートが得られる¹⁶⁾。

(3) 多層バリア性フィルム

バリア性能を有するフィルムは長年要望されてきたフィルムである。食品の長期保存、医薬品を安全に保護するシート、有機ELや電池パッケージなどに代表される電子・工業用途での高度なバリア性フィルムはその代表例である。

こうしたハイバリア性樹脂と呼ばれるPVA、PVDC、PANは、どれも融点と分解点が接近しているため熱溶融加工が困難であった。この点を最も有利に克服して実用化されたのがEVOHであり、最初の応用分野である食品包装市場への導入から始まった用途は、医薬品や非食品包装など中身の多様化、対象ガスの種類も酸素だけでなく二酸化炭素や匂い成分、有機蒸気などと種類も増し、更には包装以外の自動

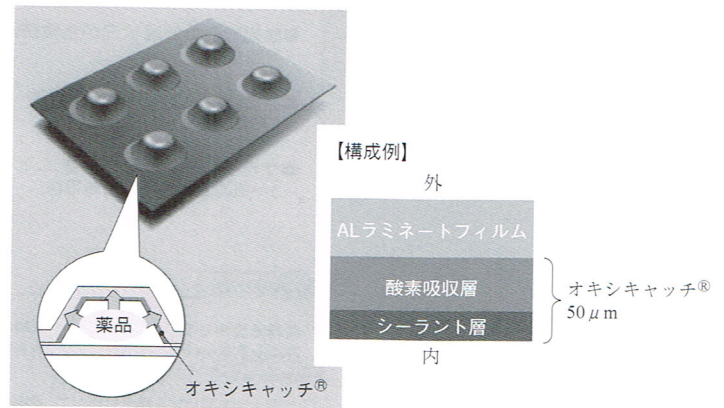


図6 ALラミネート-酸素吸収PTP包装¹⁸⁾

車(ガソリントank)・建材・地球環境関連などの分野にも広く応用範囲を拡大している。

(4) 易裂性ナイロンフィルム¹⁷⁾

易裂性ナイロンフィルムは環境問題対応の一環で、脱塩素化としての利用、便利さや製品安全(PL法)対応として開封性の観点で易裂性・直線カット性の向上、口元カール性の向上による自動充てん機械適性の改良、耐熱性の向上化などが主な採用動機となっている。易裂性ナイロンフィルムを使用することにより易裂性と高強度を単層のフィルムで満足できるため、2層構成のラミ・製袋品で目的を達成することが可能となっている。これによりラミネート層数を減らすことができ、コストメリットもあり、かつバリア性も付与することができている。

(5) 医療用フィルム¹⁸⁾

医薬品包装にはオキシガードフィルムやアルミラミネートフィルムが使用されている。医薬品の点滴剤には、アミノ酸製剤、高カロリー栄養剤、あるいは酸素の影響で変質してしまう薬剤などがある。食品のプラスチック容器の場合、パッシブガスバリア材やアクティブバリア材と複合化する方法が一般に適用されている。しかし、医薬品包装の場合、薬事法の関係で使用できる材料に制約がある。このため、ポリエチレン製輸液ボトルを両面アルミ箔

構成の外装パウチに入れ、脱酸素剤を封入する方法や、アクティブバリア機能をもつ外装パウチを適用する方法が採用されている。このアクティブバリア外装パウチの構成は、一方がPET/アルミ箔/オキシガードフィルム/シール層であり、他方はPET/パッシブバリア層/シール層で、透明多層フィルムが用いられている。今後、錠剤のPTP包装はバリア性で更に厳しい要求が求められており、図6で示したPTP包装やアルミラミネートのシートなどが検討されている。

2.4 環境対応フィルム

(1) PLAの耐熱化

PLAはD体とL体があるが、結晶化速度や耐熱性はD体の濃度で大きく左右されるため、この値を4%以下に制御したPLAを溶融押出ししてシート化し、更に延伸することでフィルムを作製することができる¹⁹⁾。PLAは比較的結晶サイズを小さく制御することができるため、透明で配向した延伸フィルムを作製することができるのである。通常、70～80℃程度の耐熱性を有する。

ポリ乳酸を使用して医療用プラスチックや生分解プラスチックの研究が推進されており、ポリ乳酸(T_m 160～170℃)はPET(T_m 260℃)と比較し、耐熱性が低い欠点があった。それを解

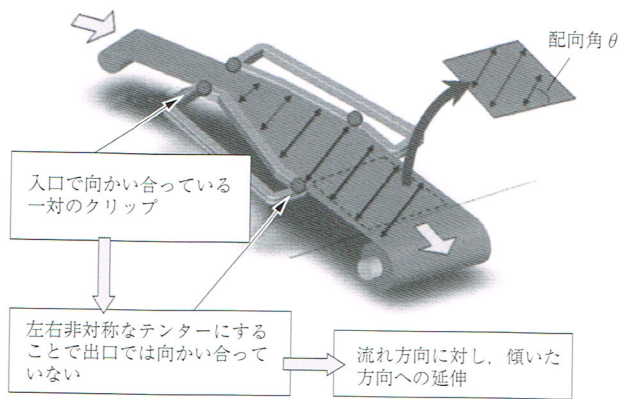


図7 斜め延伸テンターの概念図²³⁾

決するために、ポリ-L-乳酸とポリ-D-乳酸のステレオコンプレックスが新たな構造を形成することによる耐熱性向上(200~230℃)が見出され、製品開発され、マツダのカーシート、バスタオル、電子機器の筐体、TV外枠に使用されている²⁰⁾。

(2) 遮熱フィルム²¹⁾

当初、アルミ蒸着を行ったミラーフィルムに耐腐食性改善として、ポリエステルフィルムをラミネートした遮熱性能の高いフィルムが開発された。その後、透過率向上策として、アルミから貴金属(Ag, Au, Cuなど)を使用した単体又は合金の金属膜と金属酸化物とを多層積層して、可視光線透過率が高く近赤外線透過率が低い、光選択性をもった窓フィルムが開発された。またコスト対策から、金属酸化物膜をウェット塗工で行う技術開発が行われてきた。一方、近赤外線吸収性能がある材料として有機系吸収材の微粒子タイプが市場での地位を確保し、最近になって品質がかなり改善され、価格の点での優位性もあり今後伸びる材料とみられる。

光干渉を利用したナノレベルの各層の膜厚で多層膜にしたフィルムが開発され、近赤外線域の特定波長範囲で高い反射性能のあるフィルムが市場投入されている。

最近の新規材料として金属や金属酸化物、吸収材等をまったく使用しない、

ナノ中空シリカ粒子(中空バルーン)を使用した断熱化技術が開発され市場に展開されている。バインダー樹脂内での高分散化、高安定化により高密度充てんが可能となり、空気に近い熱伝導性を実現して、ガラスの熱伝導性を下げる効果に今後期待できる。

2.5 IT・ディスプレイ用フィルム

(1) 有機無機ハイブリッド超バリアフィルム

Sonyから有機ELの11インチTVが上市され、有機ELパネルが厚さ0.3mmに薄肉化したTVも開発された²²⁾が、その後、有機ELのTVは販売されていない。一方で、韓国のSamsungグループは有機EL用の量産工場を建設し、高精細、薄い、軽い、割れないことを特徴として、フルハイビジョンの約4倍に相当する高解像度の映像を表示できる85型の液晶テレビを販売することを発表している。また、大型テレビの発売だけではなく、スマートフォン、タブレットPC、3DTVにフレキシブルや透明性を特徴とした用途に重点を置いた展開をしている。

有機ELのディスプレイ・照明用途への最新技術動向も見逃せない。低消費電力、高輝度、部材の削減可能、超薄型軽量化可能などの特徴を生かした将来ディスプレイや、面光源の特性を生かした照明分野に広く活用できる非常に高いポテンシャルを持っている。

10^{-6} g/m²/dayレベルの超ハイバリアフィルムが実用化されれば、フレキシブルな有機ELディスプレイや照明への応用が可能になる。

富士フィルムでは多層塗布技術で、有機・無機のハイブリッド構造によるハイバリアフレキシブルフィルムを開発し、高バリア 10^{-6} g/m²/dayで有機EL用にも適用可能なレベルのバリアフィルムを開発し、特定ユーザーに提供している。

東レもバリア材の開発を行っておりシンプルな単層のバリア層で 10^{-4} g/m²/dayのバリア性を達成している。500回の繰り返しの折り曲げにも品質の保持が可能で、基材の上に塗布によるコーティング層を設けるタイプである。また、電子ペーパー用CNT透明導電性フィルムは、2層構造によりCNT同士の凝集を防止し、CNTの分散性を飛躍的に向上させ、ナノオーダーのCNTを独立に分散できる構造にすることで、透明性90%を達成し、0.00044Ω・cmの導電性を達成し、高透明導電性フィルムへの用途展開を行っている。

(2) 位相差フィルム

日本ゼオンは自社のCOPを使用し、光学基板に光学フィルムを初めて溶融押出成形で製造し、また45°斜め偏光フィルムを溶融法で斜め延伸の連続製造技術を確認している(図7)²³⁾。更に負の屈折率のPSを多層構造の一層に用いて三軸の屈折率 N_x 、 N_y 、 N_z の大きさを自由に制御できるフィルムの開発が行われている²⁴⁾。

(3) WVフィルム

視野拡大フィルム(WV)は板状分子が作るディスコタクティックな液晶をTACフィルムに積層する(図8)²⁵⁾。偏光板の一体化や視野拡大などの改良、LCDコーナー部の光の漏れ現象の額縁問題の解消のためのフィルム厚みの削減などで、低コスト、高性能化を達成している。

更なる改良として、TACフィルムの

複屈折の制御を目的に、屈折率異方性を有する無機物などの添加剤を添加し、屈折率を自由に制御する研究を行っている。偏光保護フィルム、WV、ARフィルムとしてのTACフィルムは溶液流延法で成形されているが、コスト及び環境問題の観点から製造設備の改造も必要とされている。

(4) タッチパネル用部材²⁶⁾

タッチパネル用途は今まで小型モバイル機器のPDA、タッチパネル、電子ペーパー、更にiPhoneなどに利用され、携帯電話でタッチパネル機能やズームイン、ズームアウト機能を持たせ、急成長している。基板のフィルム(180 μ m前後)で、製膜は位相差を10nm以下に抑える関係から、PET、PESは溶融法が、PC、APO、PARは溶液キャスト法が主流であったが、成形加工法の改良により溶融法への移行が進んでいる。

3. 成形機/延伸試験機及び微細表面凹凸制御技術

3.1 二軸延伸機

Bruckner社は、ボーイング(フィルムの幅方向の中央部と端部で変形が異なる現象)なしでフィルムが製造できるリニアモータによる同時二軸延伸機LISIMの販売を展開している(図9)。光軸や幅方向の収縮ムラが発生しにくく、製品の歩留まりや高品質で均質なフィルム用に適している。

LISIMは縦/横のレールパターンを任意に変更可能な同時二軸延伸機で、光学用途&電子材料用途をターゲットに東南アジアを中心に販売展開中である。通常の逐次二軸延伸機よりも倍の価格であるため、高付加価値分野の光学・電子材料フィルム用途に展開されている。光学用としてボーイングを抑えるため、自由に延伸時のレールパターンやチャック間隔を変更して、TDの延伸時のレール形状及びMDのチャック間隔変更により両方向の延伸で類

似した延伸が可能であり、延伸終了時のMDチャック間隔を狭めボーイング低減している。また、熱処理ゾーンでMD & TDの弛緩率を同時に変更可能である。

LISIMでは均一温度上昇が可能なため、スバリやキズが発生しにくい。PPでも縦に強いあるいは横に強い、更にどの軸にも均一な延伸(多軸延伸)を制御可能である。

電子材料用、特に薄膜フィルムにも適しており、PET 0.5 μ mのコンデンサフィルムの成形が可能で、PPでも2 μ mレベルの薄膜も破断なく連続成形できると報告されている。

従来、逐次二軸延伸フィルムではできない微細な配向制御を必要とするLCDフィルム、光学フィルム、コンデンサ、セパレータ分野、粘着・接着フィルム分野及び超薄膜、超厚物延伸フィルムへの展開が進められている。

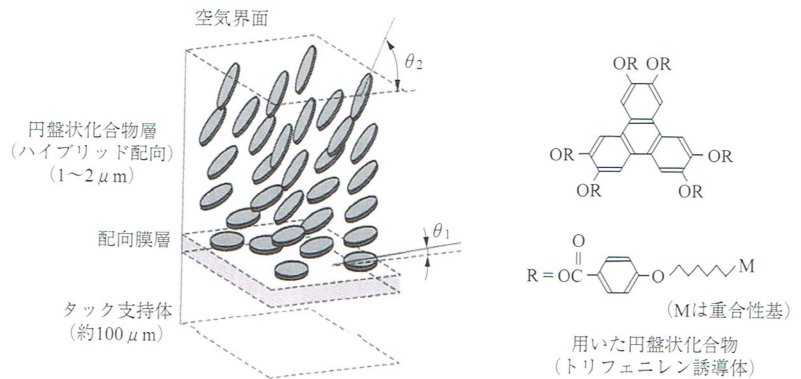


図8 視野拡大フィルム(WV)の構造²³⁾

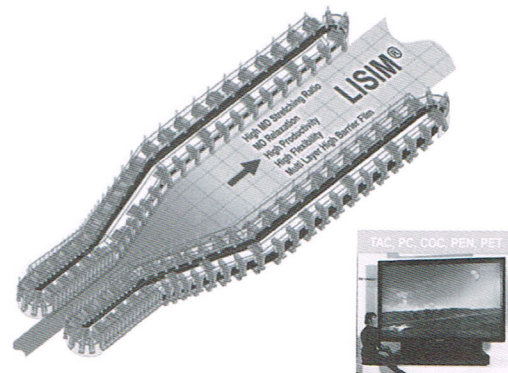


図9 常電導同時二軸延伸機(LISIM)

一般に包装材料用フィルム分野は安定した需要に支えられ、景気にあまり左右されない。そのため、EVOH層を含む多層のバリア性フィルム分野、難燃性フィルム、PLA延伸フィルムなどのテーマでの開発も行われている。またセパレータやコンデンサなどの高性能フィルム用の二軸延伸機の開発も行われている。

3.2 二軸延伸試験機

従来、オプトレオメータによる一軸延伸評価(図10)を応力ひずみ曲線と高次構造変化(図11)の観点から評価してきたが、最近、我々の金沢大学グループとエトー(株)の共同取組みにより、迅速に二軸延伸性の評価可能で、同時に延伸中の高次構造変化が可能な延伸機が開発されている^{27), 28)}。この二軸延伸試験機は図12に示したように、延伸中のS-S曲線が採取できる

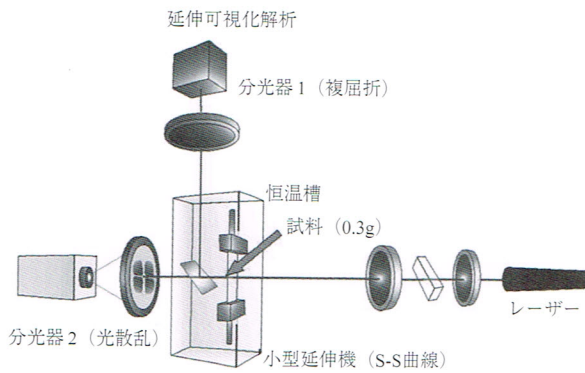


図10 一軸引張り試験装置

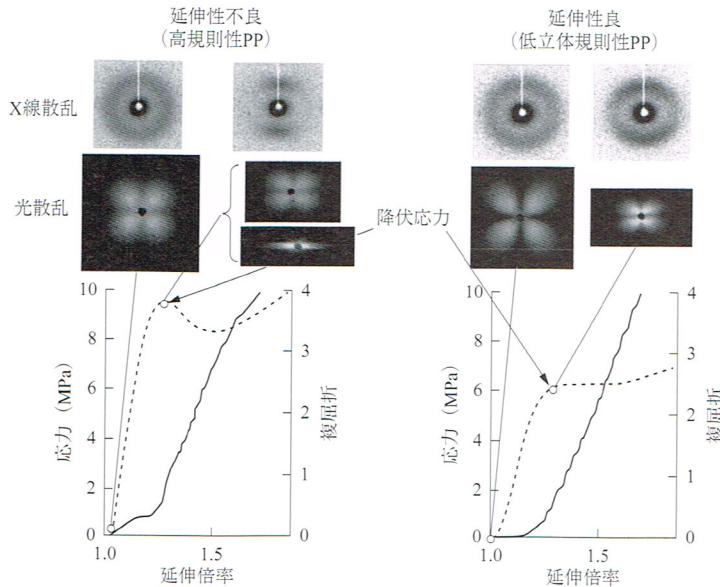


図11 延伸性と構造変化の関係

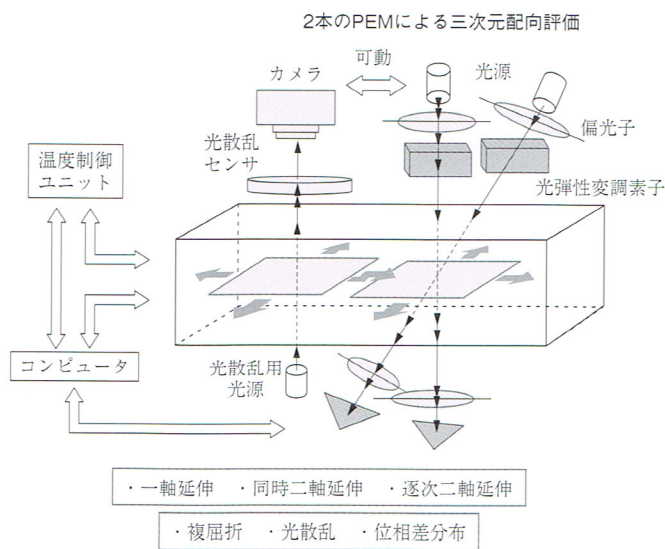


図12 二軸延伸フィルム試験機

だけでなく、三軸の屈折率が評価できるように2つの光弾性変調器 (PEM) を有する光学系、球晶構造の変化を観察できる光散乱装置を取り付け (図13)、更に延伸したフィルムの位相差分布を1,000点以上延伸直後に評価可能な設備を一体化し、かつ任意な多段延伸や延伸後の緩和を任意に制御できる仕様になっており、短時間に大量の情報がin-situで評価できるため、今後の有力な評価手段になると判断される。

3.3 微細表面凹凸制御

近年サイズの超微細化や三次元形状の転写精度がますます重要になってきている。ここでは、モosaic構造²⁹⁾、高精細表面技術及び多層光学フィルム³⁰⁾、クレーター構造制御^{31), 32)}について簡単に触れる。

(1) モosaic構造²⁹⁾

蛾や蝶の眼の表面は数百nmサイズの凹凸構造を有しており、外部からの反射を防止することで外敵に存在を目立たなくしたり、外光を有効に取り込んだりできる。表面にナノオーダーの微細な凹凸構造を表面に形成することで (図14)、空気との界面から基材との界面まで屈折率を連続的に変化させることにより、極めて低い反射率及び可視光の波長域全域の反射を防止できるという特徴をもっている。

モosaicフィルムの作製プロセスとして、まずアルミナナノホールアレイ金型に光硬化性樹脂を充てんし、PET等の透明な基材フィルムをかぶせる。次に、基材フィルム側からUV光照射し、光硬化性樹脂を硬化させる。最後に基材フィルムと一体化した形状を付与した樹脂を金型から剥離することにより、モosaicフィルムが作製される。直径約100nmのテーパ状の細孔がきれいに配列した形状となっている。

(2) 高精細表面技術及び多層光学フィルム³⁰⁾

3Mは、高精細表面技術及び多層光

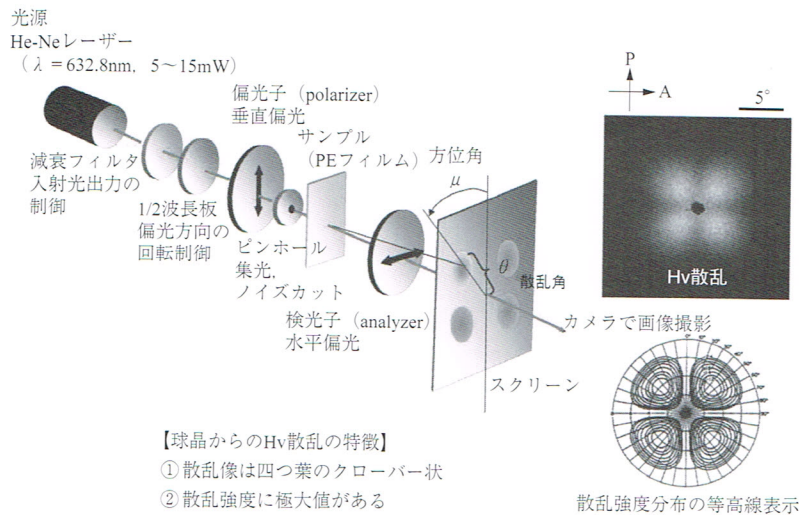


図13 in-situで取り付けられた光散乱装置

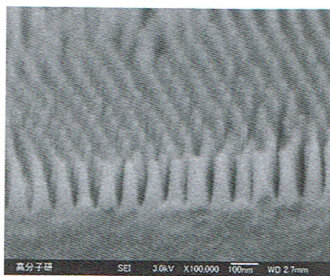
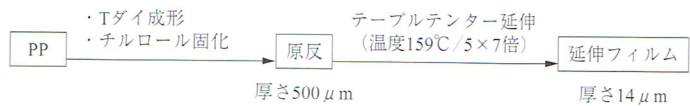
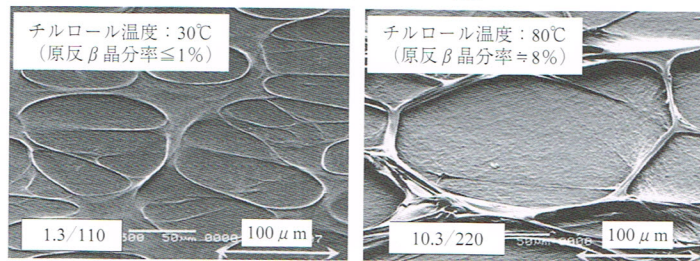


図14 モスアイ反射防止フィルム²⁴⁾



延伸フィルム表面のSEM写真



枠内数値：十点平均粗さRz (μm)/クレーター径 (μm)

図15 表面凹凸形状への原反冷却温度の影響

学フィルム技術をもっており、液晶用輝度上昇光学フィルムは、液晶ディスプレイの高輝度化・省電力化の面で重要な役割を果たしている。BEFは高精度表面技術により、透明性に優れたポリエステル基材の表面に、アクリル樹脂のプリズムパターンを均一に精密成形した光学フィルムである。バックライト前面に組み込むことにより、光源から照射された光のうち、視野角外の利用されない光を光学条件（屈折率差と入射角条件）を用いた反射屈折によってリサイクルし、最適な角度で使用者の方向に集光することによって、正面での輝度を約2倍に向上させることが可能となる（直交2枚使いの場合）。多層光学フィルム技術により、屈折率差のある界面で起きる光の反射を光学多層膜で位相をそろえて最大化し、樹

脂でありながら鏡面状態を作ることが可能である。

(3) クレーター構造

工業用で使用されるPP薄膜延伸フィルムにおいては、機能性を保持するため、添加剤を使用することなくフィルム同士のブロッキングを防止させる技術開発は重要である。添加剤無添加で、ナノオーダーの高次構造制御で微細表面凹凸の機能を発揮するクレーターの生成機構、更にクレーターの制御方法について、製膜条件と樹脂特性の観点から検討が行われている^{31), 32)}。

PP延伸フィルムの表面凹凸の形成機構（図15）に関して、原反モルフォロジー及び形成過程の観点から検討

を行った結果、延伸フィルムのクレーター形状は原反の反チルロール側表層に生成した結晶粒の形状と良い相関関係にあることが見出されている。低延伸倍率での表面の変形挙動を観察することにより、クレーターは延伸初期に生じた窪みを起点とし、延伸倍率の増加とともにクレーターに変化することが分かっている。また、延伸力曲線において、降伏力を過ぎてネック現象が発生し、伝播し始める延伸倍率2倍から表面粗さが減少する。これと同時に、原反内部の球晶が崩壊し始めたことから、クレーターは原反内部の球晶の崩壊挙動とも関連性があると報告されている。

おわりに

東日本大震災が発生し、原子力発電の是非が問われている中、今後、代替エネルギーの開発や省エネルギー技術が重要となっている。原子力の代替エネルギーとしての太陽光発電用の封止材やバックシート、省エネルギーとしての有機ELディスプレイ・照明用超バリアフィルム、輝度向上フィルムや遮熱フィルム、タッチパネル用高透明導電性フィルム、電気自動車やプラグインハイブリッド車用Liイオン電池用セパレータ、パッケージやコンデンサなど、日本が先行している技術に磨きをかけ、競争力のある更なる技術の発展が期待される。それを達成するための設計、素材の触媒・重合技術、基盤評価技術、超精密加工技術とCAE解析技術を磨き上げていく努力が必要と感じている。

なお本稿は、筆者が監修している「フィルムの機能性の向上と成形加工・分析・評価技術」(株AndTech出版, 2013.1)掲載の拙稿『機能性フィルムの潮流』を基に簡単にまとめ直したものである。

参考文献

- 1) 吉野 彰, “次世代リチウム二次電池と高分子,” **22** (6), 成形加工, 274-278 (2010).
- 2) 辻岡則夫, 高分子学会フィルム研究会第108回講演会 (2009).
- 3) 中島孝之, リチウムイオン電池の開発とセパレータの最新動向, プラスチック成形加工学会 第125回講演会 (2011年7月27日).
- 4) 奥下正隆, 将来のエネルギーの技術を担う太陽電池・二次電池の開発の最前線, プラスチック成形加工学会 第112回講演会 (2009).
- 5) 奥下正隆, “リチウム二次電池のラミネート外装材,” **22** (6), 成形加工, 279-286 (2010).
- 6) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 985 (1988).
- 7) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5),

- 995 (1988).
- 8) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 1011 (1988).
- 9) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 1025 (1988).
- 10) 瀬川正志, 高分子学会 第45回フィルム研究会講座 (2009).
- 11) 小山松 敦, 高分子学会 第46回フィルム研究会講座 (2010).
- 12) H.Uehara, K.Sakauchi, T.Kanai, T.Yamada, “Stretchability and Properties of Linear Low Density Polyethylene Blends for Biaxially Oriented Film,” *Int.Polym.Process*, **19** (2), 163-171 (2004).
- 13) H.Uehara, K.Sakauchi, T.Kanai, T.Yamada, “Processability of Oriented Film for Liner Low Density Polyethylenes,” *Int.Polym.Process*, **19** (2), 172-179 (2004).
- 14) A.Funaki, T.Kanai, Y.Saito, T.Yamada, “Analysis of Contributing Factors to Production of Highly Transparent Isotactic Polypropylene Extrusion Sheets Part 1,” *Polym.Eng.Sci.*, **50** (12), 2356-2365 (2010).
- 15) 船木 章, 蔵谷祥太, 山田敏郎, 金井俊孝, “ポリプロピレンシートの透明性に対する多層押し出しの効果,” 成形加工, **23** (5), 229-235 (2011).
- 16) A.Funaki, K.Kondo, T.Kanai, “Analysis of Contributing Factors to Production of Highly Transparent Isotactic Polypropylene Extrusion Sheets Part 2,” *Polym.Eng.Sci.*, **51** (6), 1066-1077 (2011).
- 17) M.Takashige, T.Kanai, “Easy Tear Multilayer Film of Biaxially Oriented PA6/MXD6 by Double Bubble Tubular Film Process,” *Int.Polym.Process*, **20** (1), 100-105 (2005).
- 18) 葛良忠彦, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術II (監修: 金井俊孝) 第6章第2節 (株AndTech, 2013).
- 19) 角川仁人, 上田一恵, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術II 第10章第2節 (株AndTech, 2013).
- 20) 遠藤浩平, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術 (監修者: 金井俊孝) 第10章第4節, 218-223 (株AndTech, 2010).
- 21) 新宮 公, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術II (監修者: 金井俊孝) 第10章第1節 (株AndTech, 2013).
- 22) 帯川 崇, 有機ELディスプレイのTV

- への応用展開, プラスチック成形加工学会 第101回講演会 (2007).
- 23) 荒川公平, 山崎正弘, 川田敬一, 宮城孝, 浅田 毅, “斜め延伸による位相差フィルム製造技術開発,” 成形加工, **21** (9), 540-542 (2009).
- 24) 荒川公平, 川田敬一, 豊嶋哲也, 滝澤忠, 黒崎勝尋, “多層押し出し・同時二軸延伸を用いた厚み方向に高屈折率を有する位相差フィルムの開発,” 成形加工, **24** (9), 531-533 (2012).
- 25) 西浦陽介, LCD用視野角大フィルム, プラスチック成形加工学会 第82回講演会 (2005).
- 26) 板倉義雄, タッチパネル及びその部材の市場動向, 技術動向, 高分子学会 プラスチックフィルム夏期交流会2008 (2008).
- 27) 平松吉孝, 山田敏郎, 金井俊孝, 武部智明, 直鎖状低密度ポリエチレンの二軸延伸性と高次構造変化, 成形加工シンポジウム2012 (2012).
- 28) 奥山佳宗, 中山夏実, 山田敏郎, 高重真男, 金井俊孝, ポリアミド6延伸フィルムの各種延伸方法の挙動解析と高次構造解析, 成形加工シンポジウム2012 (2012).
- 29) 魚津吉弘, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術II (監修者: 金井俊孝) 第7章1項 (株AndTech, 2010).
- 30) 榛澤文久, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術II (監修者: 金井俊孝) 第7章2項 (株AndTech, 2010).
- 31) S.Tamura, K.Ohta, T.Kanai, *J.Appl.Polym.Sci.*, **124** (4), 2725 (2011).
- 32) S.Tamura, K.Takino, T.Yamada, T.Kanai, *J.Appl.Polym.Sci.*, **126** (S2), E501 (2012).

☆好評発売中

日中英 プラスチック辞典 第5版

B6判 140頁 定価 3,150円 (送料別)

(株)プラスチック・エージ

Tel. 03-3256-1951/Fax. 03-3256-1954

<http://www.plasticsage.co.jp/>